

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Variablen</b>	<b>iii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik</b>	<b>3</b>
2.1 Hybridkonzepte . . . . .	7
2.2 Parallele Hybridstrukturen . . . . .	11
2.3 Hybridkonzepte der Automobilindustrie . . . . .	13
2.4 Ziel der Arbeit . . . . .	16
<b>3 Das Gesamtsystem im Überblick</b>	<b>19</b>
3.1 Energiemanagement . . . . .	22
3.2 Batteriemanagement . . . . .	26
3.3 Speichertechnologie . . . . .	30
3.4 Leistungselektronik . . . . .	33
3.4.1 Pulsumrichter mit Spannungszwischenkreis . . . . .	33
3.4.2 Bidirektionaler Durchflusswandler . . . . .	36
3.5 Elektromaschine . . . . .	38
3.5.1 Reluktanzmaschinen . . . . .	38
3.5.2 Synchronmaschinen . . . . .	39
3.5.3 Asynchronmaschinen . . . . .	40
3.5.4 Zusammenfassung . . . . .	42
3.6 Verbrennungsmotor . . . . .	43
<b>4 Prüfstand für hybride Antriebskonzepte</b>	<b>45</b>
4.1 Steuergeräte und Kommunikationsstruktur . . . . .	46
4.2 Automatisierung mit xPC Target . . . . .	49
4.2.1 Drehzahlregelung . . . . .	51
4.2.2 Lastsimulation . . . . .	52
4.3 Anbindung an das Simulationstool Fahrsim/Versim . . . . .	53
4.4 Zusammenfassung . . . . .	54
<b>5 Kommunikationsstruktur des Prüfstands</b>	<b>57</b>
5.1 Stand der Technik . . . . .	60
5.2 Physikalische Grundlagen . . . . .	62
5.3 Protokollschichten . . . . .	67
5.4 Komponenten . . . . .	68
5.4.1 Minibridge . . . . .	69
5.4.2 Multiplexer . . . . .	72

5.4.3	Sternkoppler (Hub) . . . . .	74
5.4.4	Sternkoppler (Switch) . . . . .	75
5.5	Netzwerktopologien . . . . .	77
5.6	Kommunikation mittels optischem CAN . . . . .	80
5.7	Zusammenfassung . . . . .	85
<b>6</b>	<b>Verfahren zur Regelung des Startergenerators</b>	<b>87</b>
6.1	Stand der Technik . . . . .	88
6.2	Modellbildung der Asynchronmaschine . . . . .	90
6.3	Statorflussorientiertes Regelverfahren . . . . .	95
6.4	Rotorflussorientiertes Regelverfahren . . . . .	104
6.5	Simulation der Regelverfahren . . . . .	110
6.5.1	Rotorflussorientiertes Regelverfahren . . . . .	112
6.5.2	Direct Torque Control . . . . .	114
6.6	Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	118
6.7	Steuergerät zur Regelung des Startergenerators . . . . .	119
<b>7</b>	<b>Untersuchung und Erprobung der Hybridisierung</b>	<b>121</b>
7.1	Start des Verbrennungsmotors . . . . .	122
7.2	Boost-Betrieb und Rekuperation . . . . .	125
7.3	Fahrzyklen und Hybridisierung . . . . .	127
7.3.1	Mild-Hybridisierung mit vordefinierten Gängen . . . . .	130
7.3.2	Mild-Hybridisierung mit automatisiertem Schaltgetriebe . . . . .	135
7.3.3	Zusammenfassung der untersuchten Hybridisierungsgrade . . . . .	140
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Diskussion</b>	<b>143</b>
	<b>Literatur</b>	<b>146</b>
<b>A</b>	<b>Fahrzyklen</b>	<b>157</b>
<b>B</b>	<b>Fahrzeugdaten für die Lastnachbildung</b>	<b>165</b>
<b>C</b>	<b>Prüfstandssoftware</b>	<b>169</b>
<b>D</b>	<b>Übersicht über die eingesetzten Mikrocontroller</b>	<b>172</b>
<b>E</b>	<b>Kostenübersicht der optischen CAN-Systeme</b>	<b>172</b>